

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 02219455  
PUBLICATION DATE : 03-09-90

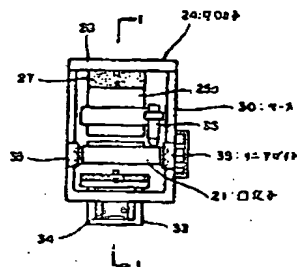
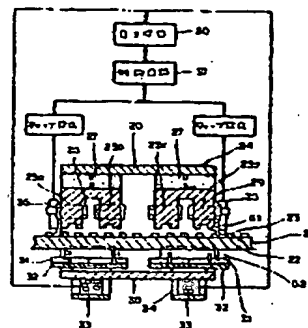
APPLICATION DATE : 17-02-89  
APPLICATION NUMBER : 01036246

APPLICANT : FUJITSU LTD;

INVENTOR : KOBAYASHI MUTSUJI;

INT.CL. : H02K 41/00 H02N 2/00

TITLE : LINEAR MOTOR SUPPORTING MECHANISM



**ABSTRACT :** PURPOSE: To constitute a power saving contactless mechanism by forming a levitation permanent magnet of laminated piezoelectric elements, through an operational gap with respect to a stator, at the opposite side from a stator for thrusting a mover through a thrust generating magnetic circuit.

CONSTITUTION: A mover 24 is mounting a thrust generating magnetic circuit 29 comprising magnetic poles 25a-25d, a coil 26, a permanent magnet 27, and a yoke 28 and moves in the longitudinal direction of the stator 21. A gap  $G_1$  is detected 36 and controlled 37 then power amplification 38 is carried out and a laminated piezoelectric elements 34 are controlled. The piezoelectric elements 34 are fixed to the movable table 33 of a base 30 and a gap  $G_2$  is formed with respect to the stator 21 through a yoke 32 and a levitation permanent magnet 31. Linear guides 35 comprising two rows of ceramic balls are arranged at the opposite sides of the mover 24 such that they can be displaced freely only in the straight direction. By such arrangement, a contactless power saving mechanism requiring no lubrication can be formed.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-219455

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

H 02 K 41/00  
H 02 N 2/00

識別記号

庁内整理番号

B

7740-5H  
7052-5H

⑭ 公開 平成2年(1990)9月3日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全9頁)

⑮ 発明の名称 リニアモータの支持機構

⑯ 特 願 平1-36246

⑰ 出 願 平1(1989)2月17日

⑱ 発 明 者 小 林 睦 司 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 松 本 昂

明 細 書

1. 発明の名称

リニアモータの支持機構

2. 特許請求の範囲

(1) 永久磁石又はコイルによる少なくとも1個の起磁力源を含む推力発生用磁気回路(29)を有し、磁気力又は電流力によって可動子(24)が固定子(21)上を直進する推力を得るリニアモータにおいて、

前記推力発生用磁気回路(29)をベース(30)に取り付け、

該推力発生用磁気回路(24)の反対側に固定子(21)に対向して動作空隙(62)を隔てて浮上用永久磁石(31)を設け、

該浮上用永久磁石(31)を積層形圧電効果素子(34)を介して前記ベース(30)に取り付けたことを特徴とするリニアモータの支持機構。

(2) 前記可動子(24)と固定子(21)との間の推

力発生用ギャップ(61)の変化を検出する検出手段(35)を設け、該検出手段の検出値に基づいて前記積層形圧電効果素子(34)に印加する電圧を変化させる制御手段(37)を設けたことを特徴とする請求項1記載のリニアモータの支持機構。

(3) 積層形圧電効果素子(44)と浮上用永久磁石(41)との間に変位拡大機構(43)を設けたことを特徴とする請求項1又は2記載のリニアモータの支持機構。

3. 発明の詳細な説明

概 要

リニアモータの支持機構に関し、

小形、省電力で長寿命の非接触式リニアモータ支持機構を提供することを目的とし、

永久磁石又はコイルによる少なくとも1個の起磁力源を含む推力発生用磁気回路を有し、磁気力又は電流力によって可動子が固定子上を直進する推力を得るリニアモータにおいて、前記推力発生用磁気回路をベースに取り付け、該推力発生用磁

気回路の反対側に固定子に対向して動作空隙を隔てて浮上用永久磁石を設け、該浮上用永久磁石を積層形圧電効果素子を介して前記ベースに取り付けて構成する。

#### 産業上の利用分野

本発明はリニアモータの支持機構に関し、特に磁気力により推力発生用ギャップを支持する磁気浮上型支持機構を有する真空用或いは宇宙用等のリニアモータの支持機構に関する。

制御対象を1次元若しくは2次元平面上で移動させたり、位置決めしたりする装置は、回転型のモータと回転運動を直線運動に変換するメカニズムを使ったものが多い。これに対して最近では制御対象を直接モータに取り付け、これを直線駆動するリニアモータの開発が進んでいる。リニア直流モータ、リニアパルスモータ及びリニア誘導モータ等の小形リニアモータは、直交座標系の産業ロボットや組立搬送装置及びタイプライタのキャリアッジ駆動等に見られるように、負荷質量を搭載し

て直線動作するFA、OA機器に多く用いられている。

これらのリニアモータでは、固定子に対して可動子を所定のギャップで支持する必要があり、長寿命の推力発生用ギャップ支持機構が要望されている。

#### 従来の技術

第9図は従来のリニアモータの支持機構の一部破断正面図であり、第10図はその側面図である。図において、1は固定子であり、鉄等の強磁性体基板2上に等ピッチ間隔で複数のスケール歯3が設けられて構成されている。4は可動子であり、鉄等の強磁性体から形成された4個の磁極5a、5b、5c、5dを有しており、磁極5b、5c、5dの歯は磁極5aの歯に対してそれぞれ $\pi/2$ 、 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$ だけ位相がずれて配置されている。磁極5a～5dにはそれぞれコイル6が巻かれており、その上部には永久磁石7が設けられている。又、2個の永久磁石7に渡り強磁性体のヨ

ーク8が設けられている。

9はステンレス等の非磁性体フレームであり、このフレームに上述したコイル6、永久磁石7等から構成される一次側磁気回路アセンブリが取り付けられている。非磁性体フレーム9には2本の孔通し軸10が固定されており、この軸10にギャップ支持用ローラ11が回転自在に取り付けられている。ローラ11は固定子1のローラ駆動面14に当接し推力発生用ギャップGを支持するようになっている。又、非磁性体フレーム9には垂直方向に4個の軸12が固定されており、この軸12にローラ13が回転自在に取り付けられている。ローラ13は強磁性体基板2の側面に当接し、固定子1の直進案内をしている。

このように従来のリニアモータでは、ギャップ支持用ローラ11が固定子1のローラ駆動面14に当接し、推力発生用ギャップGを支持して可動子4を固定子1に対して直進駆動するようにしている。

#### 発明が解決しようとする課題

従来のようなギャップ支持用ローラによる支持機構では、推力発生用永久磁石による可動子と固定子の磁気吸引力が推力の10倍程度と大きい為に、支持機構の負担が大きくなり、固定子のローラ駆動面が剝離（フレーキング）する等、支持機構の寿命が短いという問題があった。又、大きな負荷のかかるギャップ支持用ローラには潤滑油が必要であり、その飛散や蒸発のため真空用や宇宙用のリニアモータの支持機構等には不向きである。

この問題を解決するため、リニアモータに見られるように電磁石による磁気浮上方式も最近検討が始まっている。この方式の模式図を第11図に示す。同図に於いて、15は固定子であり、ヨーク16が設けられている。可動子17は推力発生用磁気回路18、直進案内用電磁石19及び浮上用電磁石20を有している。このリニアモータは、浮上用電磁石20による磁気吸引力で可動子17を固定子15に対して浮上させ、推力発生用磁気回路18による推力により可動子17を直

進駆動するものである。

しかしこの構成であると、搭載負荷質量が変動したり、推力発生用磁気回路に使用する永久磁石の磁気吸引力の大きい用途では、コイル抵抗によるジュール熱損(銅損)が大きくなりがちである。これを防ぐため、超電導コイルを電磁石として用いると、コイルの冷却等のため装置が大型化してしまうという問題がある。

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、その目的とする所は、小形、省電力で長寿命の非接触式リニアモータ支持機構を提供することである。

#### 問題を解決するための手段

推力発生用磁気回路をベースに取り付け、この推力発生用磁気回路の反対側に固定子に対して動作空隙を隔てて浮上用永久磁石を設ける。そして、浮上用永久磁石を積層形圧電効果素子を介してベースに取り付けることにより、リニアモータの支持機構を構成する。

を実現することができる。又、変位の応答性も速い利点がある。

検出手段により推力発生用ギャップの変化を検出し、この検出値に基づいて制御手段により積層形圧電効果素子に印加する電圧をフィードバック制御して、推力発生用ギャップの変化に応じて動作空隙を変化させるようにする。

#### 実施例

以下本発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

第1図は本発明の第1実施例断面図であり、第2図はその側面図である。この第1実施例は平板状片側リニアパルスモータに本発明の支持機構を取り付けた例を示している。21は固定子であり、鉄等の強磁性体基板22上に等ピッチ間隔で複数のスケール歯23が形成されて構成されている。24は推力発生用磁気回路29を有する可助子である。推力発生用磁気回路29は鉄等の強磁性体から形成された4個の磁極25a、25b、25

可助子と固定子との間のギャップの変化を検出する検出手段を設け、この検出手段の検出値に基づいて前記積層形圧電効果素子に印加する電圧を変化させる制御手段を設けるのが望ましい。又、浮上用永久磁石によるより大きな磁気力変化を要する場合には、積層形圧電効果素子と浮上用永久磁石との間に変位拡大機構を設けるようにする。

#### 作 用

本発明は浮上用永久磁石を変位させることによって、動作空隙で生ずる磁気力を変化させ、可助子を磁氣的に浮上させ、長寿命の非接触式リニアモータ支持機構を提供するものである。浮上用永久磁石の変位に対する磁気力の変化は大きく、磁気力自体も大きくする必要がある。そこで、この浮上用永久磁石を変位させるのに適合した小変位で発生力の大きな小形変位素子として、積層形圧電効果素子を用いるようにしている。圧電効果素子は変位を維持するときに電流はほとんど流れず、電気機械変換効率も高いので、省電力の支持機構

c、25dを有しており、磁極25b、25c、25dの歯は磁極25aの歯に対してそれぞれ $r/2$ 、 $r/4$ 、 $3r/4$ だけ位相がずれて配置されている。磁極25a~25bにはそれぞれコイル26が巻かれており、その上部には推力発生用永久磁石27が設けられている。又、2個の永久磁石27に渡り強磁性体のヨーク28が設けられている。ヨーク28はベース30に取り付けられている。

推力発生用磁気回路29の反対側に、固定子21に対向して動作空隙G2を隔てて、2個の浮上用永久磁石31が配置されている。浮上用永久磁石31の背面にはヨーク32が貼られており、このヨーク32と固定子21との間で閉磁路を形成する。このため浮上用永久磁石31には磁気吸引力が作用する。浮上用永久磁石31のヨーク32は可助合33に取り付けられており、この可助合33の内側に積層形圧電効果素子34が設けられている。積層形圧電効果素子34の一端は可助合33により支持されており、他端にはベース30

が搭載されている。ベース30は上述したように推力発生用磁気回路29に固定されている。圧電効果素子34は浮上用永久磁石31の磁気吸引力により、常に圧縮方向に力を受けている。

積層形圧電効果素子33に電圧を印加することで、浮上用永久磁石31を上下方向に変位させ、動作空隙G2を変えるようにする。このときの磁気吸引力の変化により、推力発生用ギャップG1の大きさを調整できるようになっている。

可助子24の両側面には、それぞれ2列の循環式セラミック球によるリニアガイド35が取り付けられている。横方向には本質的に大きな荷重が作用せず、リニアガイド35は直進案内のみのため無潤滑で済む。このリニアガイド35は、可助子24の横方向の変位と共に、ローリング（横揺れ）、ヨーイング（偏揺れ）の3自由度を拘束する。進行方向の自由度は推力発生用磁気回路により制御する。

従って、浮上用永久磁石31の変位により制御するのは、6自由度の内に残る縦方向の変位とビ

ッチング（縦揺れ）の2自由度のみである。この2自由度の制御のため、可助子24の前後2ヶ所に例えば容量式変位計36を設け、この容量式変位計36により推力発生用ギャップG1を検出し、この検出値を制御回路37に入力する。制御回路37の出力を電力増幅回路38で増幅し、積層形圧電効果素子31に印加する電圧を推力発生用ギャップG1の変化に応じて変化させ、積層形圧電効果素子34を変位させる。このように本実施例では、容量式変位計36によるギャップ検出→制御回路37→電力増幅→積層形圧電効果素子34の変位、による浮上用永久磁石31の変位のための2つの閉ループ系を形成している。

積層形圧電効果素子34は、例えば一辺5mmの正方形で厚さ0.4mmの圧電セラミックを60枚積層しており、印加電圧500Vにおいて無負荷時50μm変位し（伸び）、全然変位しないように拘束すると50kgfの力を発生する。一方、推力発生用や浮上用の永久磁石による磁気吸引力F。は第3図の単純化した磁気回路モデルで考え

ると次式のようになる。

$$F_0 = \frac{\phi^2}{2\mu_0 S_0} = \frac{\mu_0 S_0 (S_0 H_c l_0)^2}{2(S_0 l_0 + S_0 l_0)^2} \dots (1)$$

ここで、

$\phi$  : 磁束

$\mu_0$  : 空隙の透磁率、永久磁石のリコイル透磁率

$S_0$  : 空隙対向面積

$S_0$  : 永久磁石の断面積

$H_c$  : 永久磁石の保磁力

$l_0$  : 永久磁石の厚さ

$l_0$  : 空隙幅

第4図は磁気吸引力と積層形圧電効果素子発生力の釣り合い状態を示すグラフであり、圧電素子印加電圧を変えた時の圧電素子の発生力と変位との関係、及び浮上用永久磁石の磁気吸引力と動作空隙との関係の一つのグラフに示したものである。第4図のグラフに示すように、積層形圧電効果素子への印加電圧を増減することにより、積層形圧電効果素子の発生力と浮上用永久磁石による磁気吸引力とを釣り合わせ、動作空隙を増減すること

ができる。

第5図は浮上用永久磁石と推力発生用永久磁石の磁気吸引力と動作空隙及び推力発生用ギャップの関係を一つのグラフにまとめて示している。式(1)において、推力発生用永久磁石では $l_0$ 、大、 $S_0$ 、小とし、浮上用永久磁石においては $S_0$ 、大、 $l_0$ 、小とする。この時第5図に示すように、両者の特性曲線の傾きに差ができる。両者の永久磁石の磁気吸引力が等しい動作空隙と推力発生用ギャップにおいて、力の釣り合いが保たれることになる。例えば第5図では、両磁石の磁気吸引力が等しい時には、推力発生用ギャップが50μmと小さくなり、動作空隙は0.3mmと大きくなっている。

第6図は本発明の第2実施例概略構成図を示しており、積層形圧電効果素子44のみでは変位がまだ小さい場合に、艇の原理による変位拡大機構43を一對設けている例である。推力発生用磁気回路29は上述した第1実施例と同様であるのでブロックで示してあり、固定子21のスケール齒

も省略されている。浮上用永久磁石41の背面にはヨーク42が貼られており、ヨーク42は挺の原理を利用した変位拡大機構43及び積層形圧電効果素子44を介してベース40に取り付けられている。第6図において、40a、40bが挺の支点となり、 $l_1$ 、 $l_2$ 、 $m_1$ 、 $m_2$ を第6図に示すように取ると、変位拡大率は $(m_1 / l_1) \times (m_2 / l_2)$ である。この実施例によれば搭載荷荷質量が大きく変わっても、浮上用永久磁石41の変位を大きく取ることによって磁気吸引力を大きく変えて、浮上用永久磁石41による支持を可能としている。

第7図は本発明の第3実施例概略構成図を示している。この実施例は平板状両側式リニアモータの片側に積層形圧電効果素子を用いた例である。上側の推力発生用磁気回路29は可動子を構成し、その構成は第1図及び第2図に示した第1実施例と同様であるので詳細な説明を省略する。又、固定子21'の装束両面には等ピッチ間隔のスケール歯が形成されているが、簡単化のため図面上で

は省略されている。下側の推力発生用磁気回路45は4個の磁極及びコイルを含んでおり、それぞれの磁極上には浮上兼推力発生用永久磁石46が設けられている。永久磁石46の背面にはヨーク47が貼られており、各々のヨーク47は強磁性体部材48により連結されている。強磁性体部材48は可動台49に取り付けられており、この可動台49と上側の推力発生用磁気回路29が取り付けられたベース50との間に積層形圧電効果素子51が設けられている。この実施例は第1図に示した第1実施例の下側の浮上用永久磁石のヨークを連結し、浮上用永久磁石を推力発生用永久磁石と兼用したものである。

第8図は本発明の第4実施例概略構成図を示している。この実施例は第7図の上下の磁気回路を更に側面の両側にも用いたものである。第8図において、52は推力発生用磁気回路であり、ベース53に取り付けられている。54は固定子であり、4つの面に設けられているスケール歯は省略されている。55は浮上用兼推力発生用磁気回路

であり、それぞれの磁気回路は浮上用兼推力発生用永久磁石56を含んでいる。浮上用兼推力発生用永久磁石56のヨークは可動台57、積層形圧電効果素子58を介してベース53に取り付けられている。この実施例においては、第1図及び第2図に示した第1実施例のリニアガイド35は無く、完全磁気浮上型支持機構である。可動子進行方向以外の5自由度を浮上用兼推力発生用永久磁石56の変位によって制御している。

上述した各実施例は平板状のリニアモータについて説明したが、本発明の支持機構は円筒状リニアモータにも適用可能である。又推力発生用磁気回路としてリニアパルスモータで説明したが、リニアパルスモータに限らず、リニア直流モータやリニア誘導モータにも適用可能である。

#### 発明の効果

本発明のリニアモータの支持機構は以上詳述したように構成したので、小形、省電力で長寿命の非接触式リニアモータの支持機構を提供できると

いう効果を奏する。非接触式であるため、潤滑油を必要とすることなく、真空用や宇宙用のリニアモータの支持機構にも適用可能である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1実施例断面図、

第2図は第1実施例側面図、

第3図は永久磁石と空隙の磁気回路モデルを示す説明図、

第4図は磁気吸引力と積層形圧電効果素子発生力の釣り合いを示すグラフ、

第5図は浮上用永久磁石と推力発生用永久磁石の磁気吸引力と動作空隙及び推力発生用ギャップとの関係を示すグラフ、

第6図は本発明の第2実施例概略構成図、

第7図は本発明の第3実施例概略構成図、

第8図は本発明の第4実施例概略構成図、

第9図は従来例の一部破断正面図、

第10図は従来例側面図、

第11図は電磁石による磁気浮上の従来例模式

特開平2-219455(6)

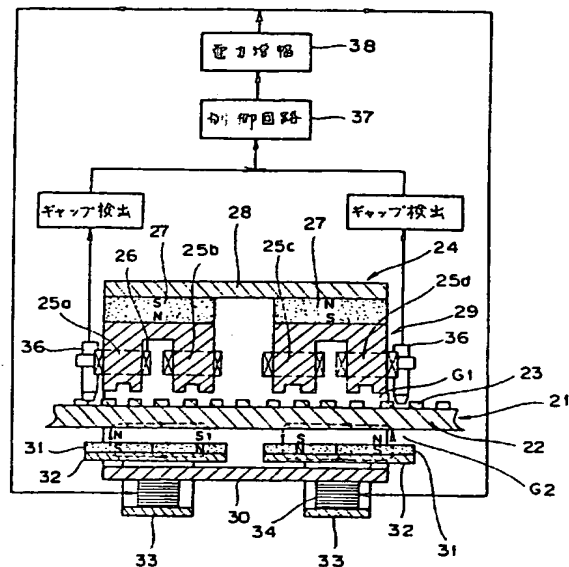
図である。

- 21…固定子、
- 24…可動子、
- 25a～25d…磁極、
- 26…コイル、
- 27…推力発生用永久磁石、
- 28…ヨーク、
- 29…推力発生用磁気回路、
- 30…ベース、
- 31…浮上用永久磁石、
- 32…ヨーク、
- 33…可動台、
- 34…積層形圧電効果素子、
- 35…リニアガイド、
- 36…容量式変位計、
- 41…浮上用永久磁石、
- 43…変位拡大機構、
- 44…積層形圧電効果素子、
- 45…浮上用兼推力発生用磁気回路、

- 51…積層形圧電効果素子、
- 52…推力発生用磁気回路、
- 55…浮上用兼推力発生用磁気回路、
- 58…積層形圧電効果素子。

出願人： 富士通株式会社  
代理人： 弁理士 松本 昌

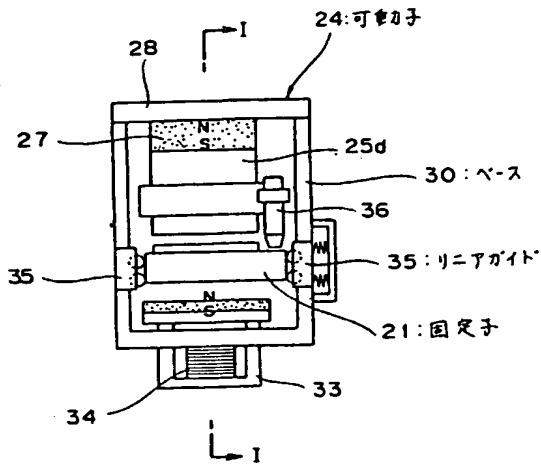
- 21：固定子
- 24：可動子
- 31：浮上用永久磁石
- 33：可動台
- 34：積層形圧電効果素子
- 36：容量式変位計



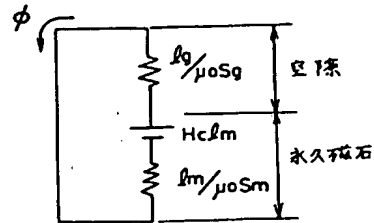
実施例断面図

第 1 図



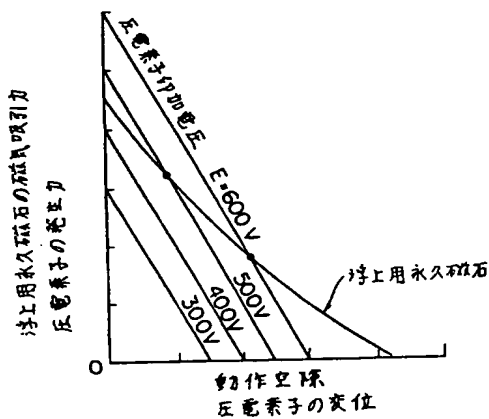


実施例側面図  
第 2 図

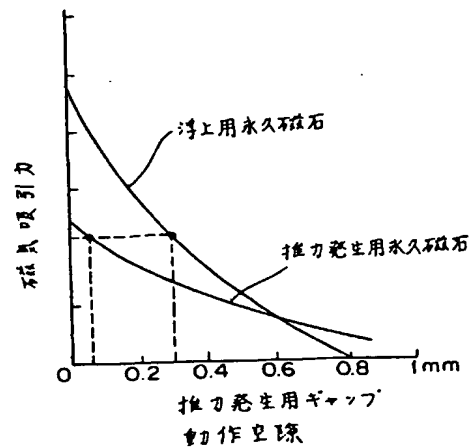


$\phi$  : 磁束  
 $\mu_0$  : 空隙の透磁率  $\equiv$  永久磁石のリシユ透磁率  
 $S_g$  : 空隙対向面積  
 $S_m$  : 永久磁石の断面積  
 $H_c$  : 永久磁石の保磁力  
 $l_m$  : 永久磁石の厚さ  
 $l_g$  : 空隙幅

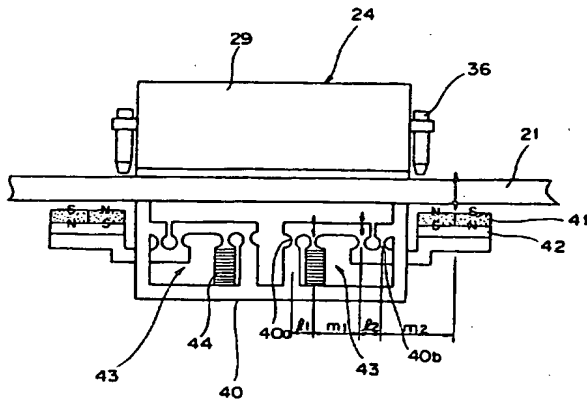
永久磁石と空隙の磁気回路モデル  
第 3 図



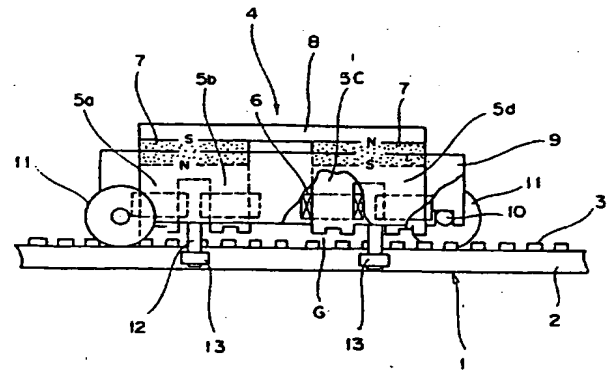
磁気吸引力と圧電素子発生力の釣り合い  
第 4 図



磁気吸引力の釣り合い  
第 5 図



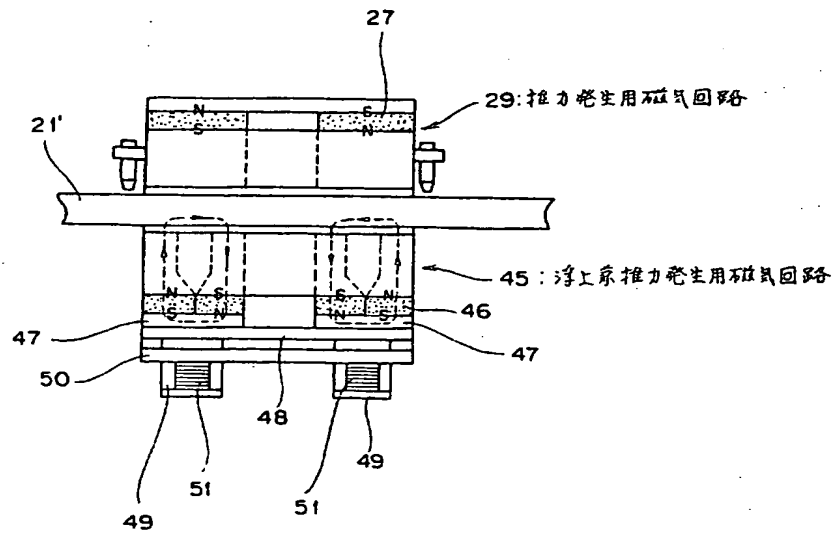
21 : 固定子  
24 : 可動子  
29 : 変位拡大機構  
44 : 積層形圧電効果素子



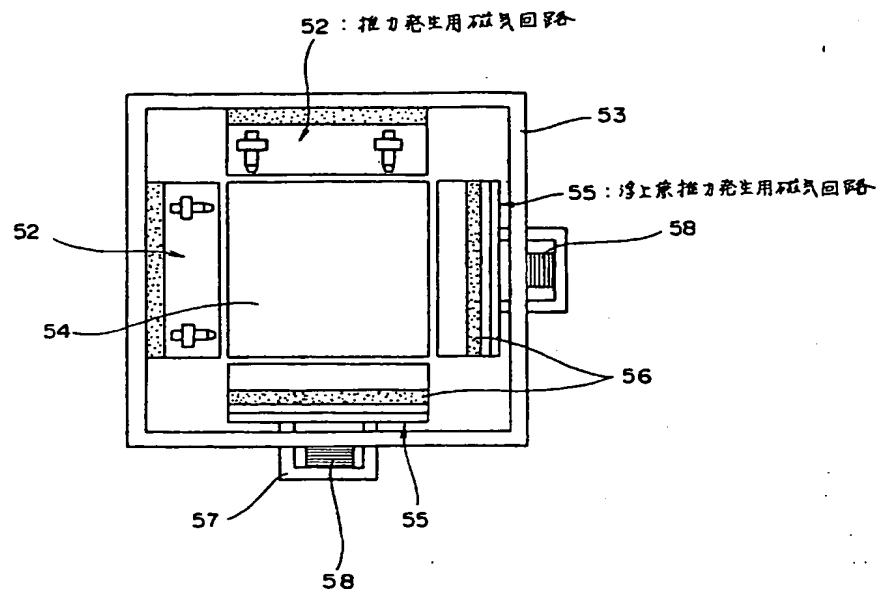
1 : 固定子  
4 : 可動子  
11 : ギャップ支持用ローラ

第2実施例概略構成図  
第6図

従来例の一部破断正面図  
第9図

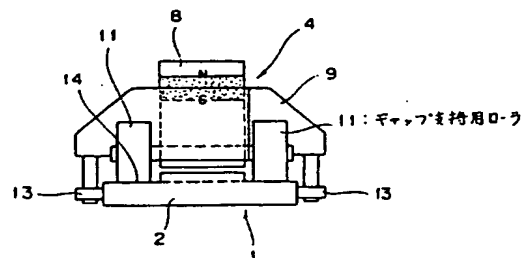


第3実施例概略構成図  
第7図



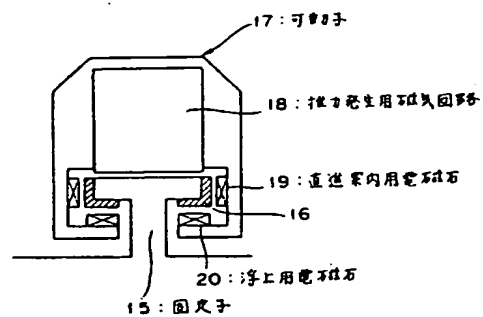
第4実施例概略構成図

第 8 図



従来例側面図

第 10 図



電磁石による磁気浮上の従来例模式図

第 11 図

